

ARGEPAK BİNASINDA OFİS/LABORATUVAR ALANI TAHSİSİ
GERÇEKLEŞTİRİLEN ARAŞTIRMA GRUPLARI FAALİYET RAPORU
(2025)

Araştırma Grubu	G7 Araştırma Grubu
Proje Yürütücüsü / Grup Lideri	Dr. Öğr. Üyesi Saltuk Buğra SELÇUKLU
Sanayi Kuruluşu (İş Birliği varsa)	Yok
Proje Türü / Destek Programı	TÜBİTAK 3501
Projenin Başlığı	Elektrik Piyasaları için Yapay Zekâ Destekli Öğrenme, Tahmin ve Optimizasyon Algoritmaları ile Etmen Temelli Benzetim Modeli Kurulması ve Piyasa İncelemeleri
Tahsise Konu Olacak Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihi	01.03.2023-01.06.2025
Araştırmacı(lar)	Dr. Öğr. Üyesi Erhan MUĞALOĞLU, Prof. Dr. Celal Öztürk, Prof. Dr. Faik BİLGİLİ, Doç. Dr. Sibel Arslan
Proje Grubu	(x) Fen ve Mühendislik Bilimleri () Tıp ve Sağlık Bilimleri () Sosyal Bilimler () Üniversite-Sanayi İş Birliği
<i>Bu alan, ofis/laboratuvar alanı tahsisi sırasında sunulan bilgilerle doldurulmuştur.</i>	

1. DÖNEM İÇİNDE GERÇEKLEŞTİRİLEN FAALİYETLER VE ELDE EDİLEN BULGULAR/SONUÇLAR

Tahsis kapsamında yürütülen projenin iş-zaman çizelgesi dikkate alınarak dönem içinde proje kapsamında gerçekleştirilen faaliyetler ve elde edilen sonuçlar sunulmalıdır.

“Elektrik Piyasaları için Yapay Zekâ Destekli Öğrenme, Tahmin ve Optimizasyon Algoritmaları ile Etmen Temelli Benzetim Modeli Kurulması ve Piyasa İncelemeleri” başlıklı projemizde özetle aşağıdaki çalışmalar yapılmıştır:

Projenin ilk iş paketi, makine öğrenmesi modellerinin geliştirilmesine odaklanmaktadır. Bu kapsamda, elektrik piyasalarında fiyat tahmini için çeşitli modeller geliştirilmiş ve bu modellerin performansları detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Ayrıca, piyasa takas fiyatını etkileyen faktörlerin açıklanabilirliği ve otomatik programlama modelleri ile fiyat tahmini konularında da çalışmalar yapılmıştır. Ek olarak, öğrenme algoritmaları ve derin pekiştirmeli öğrenme yöntemleri kullanılarak elektrik piyasalarında stratejik teklif verme modelleri geliştirilmiştir.

İkinci iş paketi kapsamında proje, optimizasyon algoritmalarının modellenmesini ele almaktadır. Bu kapsamda, belirsizlik altında karar vermeyi destekleyen genetik algoritmalar ve yapay arı kolonisi algoritmaları gibi yöntemler incelenmiş ve bu algoritmaların performanslarını geliştirmek için makine öğrenmesi teknikleri araştırılmıştır.

Üçüncü iş paketi, proje kapsamında geliştirilen etmen tabanlı benzetim modelinin oluşturulmasını içermektedir. Bu kapsamda, modelin temel bileşenleri olan eşleştirme algoritması, öğrenme algoritmaları ve tahmin algoritmaları detaylı bir şekilde açıklanmaktadır. Ayrıca, modelin arayüz tasarımı ve iş akışı da ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

Dördüncü iş paketi, piyasa yapıları ve yenilenebilir enerji kaynaklarının piyasaya etkileri konularında araştırmaları kapsamaktadır. Bu kapsamda, farklı piyasa mekanizmalarının etkileri, elektrik fiyatlarındaki oynaklığın modellenmesi ve piyasa yoğunlaşması gibi konular incelenmiştir.

Bu çalışmaların sonucunda dönem içinde konferans düzeyindeki katılımlar ve basılan bildiriler şunlardır:

- A Novel Agent-Based Simulation Model for Analyzing Electricity Market Dynamics, Selçuklu Saltuk Buğra, Özdin Erdemhan, Muğaloğlu Erhan, Öztürk Celal, Polat Ömer, Kılıç Edanur, Bozkurt Seda Nur, Arslan Sibel, Keskin Hazar (2025). 21st International Conference on the European Energy Market (EEM), Doi: 10.1109/EEM64765.2025.11050199.

Dönem içinde yayınlanan makale çalışmaları şöyledir:

- SELÇUKLU SALTUK BUĞRA (2025). “Machine learning assisted evolutionary multi- and many-objective optimization” by Dhish Kumar Saxena, Sukrit Mittal, Kalyanmoy Deb, and Erik D. Goodman,

ISBN 978-981-99-2095-2, Springer, 2024. Genetic Programming and Evolvable Machines, 26, <https://doi.org/10.1007/s10710-025-09509-6>

- Erhan Muğaloğlu, Edanur Kılıç, Hazar Keskin, Saltuk Buğra Selçuklu, Dynamics of electricity price volatility and its impacts on energy investments, Renewable Energy, Volume 256, Part F, 2026, 124383,
- ISSN 0960-1481, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.124383>.

Hakem değerlendirmesindeki makale çalışmaları şöyledir:

- “A novel immune plasma-based automatic programming method for electricity price forecasting in the Turkish market” başlıklı bir makale **Engineering Applications of Artificial Intelligence** dergisine gönderilmiştir ve hakem değerlendirmesi aşamasındadır.
- “Impact of Market Factors on Day-Ahead Electricity Prices: Explainable Machine Learning Analysis of the Turkish Market” başlıklı bir makale **Utilities Policy** dergisine gönderilmiştir ve hakem değerlendirmesi aşamasındadır.
- “Electricity Market Price Forecasting Using Deep LSTM Network Optimized with Artificial Rabbits Optimization: A Case Study of the Turkish Day-Ahead Market” başlıklı bir makale **Expert Systems with Applications** dergisine gönderilmiştir ve hakem değerlendirmesi aşamasındadır.
- “Attention-Guided Artificial Bee Colony Algorithm with Multi-Head and Gradient-Based Dimensional Focus” başlıklı bir makale **Applied Soft Computing** dergisine gönderilmiştir ve hakem değerlendirmesi aşamasındadır.
- “Merit Order Effects of Renewable Energy on Electricity Prices and Market Stability: Evidence from the Turkish Day-Ahead Market” başlıklı bir makale **Utilities Policy** dergisine gönderilmiştir ve hakem değerlendirmesi aşamasındadır.

2. ARAŞTIRMA GRUBU BÜNYESİNDE DEVAM EDEN DİĞER PROJE FAALİYETLERİNİN DURUMU

Araştırma grubu bünyesinde tahsise konu olan proje dışında yürüten diğer projelerin ilerleyişi hakkında bilgi verilmelidir.

Araştırma grubu bünyesinde, tahsise konu olan proje dışında yürütülen BAP projeleri ve lisansüstü tez çalışmaları kapsamında aşağıdaki ilerlemeler kaydedilmiştir:

- Araştırma grubu kurucusu Saltuk Buğra Selçuklu’nun yürütücü olduğu, Ömer Polat ve Hakkı Can Ergün’ün araştırmacı olarak yer aldığı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının ve Piyasa Yapılarının Elektrik Piyasasına Etkilerinin İnsan Temelli Benzetim ile İncelenmesi" başlıklı bilimsel araştırma projesi (BAP) tamamlanmıştır.
- Yüksek lisans projesi kapsamında "Polimer Elektrolit Membran (PEM) Elektrolizör Bileşenlerinin Makine Öğrenimi ile Optimizasyonu" üzerine yapılan çalışmalar neticesinde daha önce hakem değerlendirmesinde olan makale Q1 sınıfındaki Renewable and Sustainable Energy Reviews dergisinde yayınlanmıştır:
 - Albadwi Abdelmola, Elzein Ahmed, Bashir Abdallah Adil Awad, Selçuklu Saltuk Buğra, Kaya Mehmet Fatih (2025). "Multi-criteria decision-making in hydrogen production, storage, and

transportation: An overview." Renewable and Sustainable Energy Reviews, 222, Doi: 10.1016/j.rser.2025.115947.

- Doktora öğrencisi Atabek Movlyanov ve yüksek lisans öğrencisi Beyza Akyol ile yürütülen çalışmalar kapsamında, daha önce basım aşamasında olduğu belirtilen makale yayınlanmış ve bu çalışmalara ek olarak yeni bir makale daha Q2 sınıfındaki Buildings dergisinde yayınlanmıştır:
 - Movlyanov Atabek, Akyol Beyza, Selçuklu Saltuk Buğra (2024). "Energy Planning and Optimization Model for Campus Buildings: A Case Study of Erciyes University." Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi (MBUD), 9(2), 1095-1116., Doi: 10.30785/mbud.1559401.
 - Movlyanov Atabek, Selçuklu Saltuk Buğra (2025). "Energy Efficiency Optimization Model for Sustainable Campus Buildings and Transportation." Buildings, 15, Doi: 10.3390/buildings15121993.

Araştırma grubu bünyesinde Abdurrahman Kırac tarafından yürütülen "PYPSA-TÜRKİYE: Türkiye Enerji Sistemi İçin Açık Kaynaklı Bir Enerji Sistemi Modeli ve Optimizasyon Aracı" başlıklı yüksek lisans tez çalışması ve Merve Nur Dinç tarafından yürütülen "Temiz Yakıtlı ve Sıfır Emisyonlu Araçlara Geçişin Ekonomik, Enerji ve Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi" başlıklı yüksek lisans tez çalışması devam etmektedir.

3. 2023 YILI İÇERİSİNDE ÜNİVERSİTENİN STRATEJİK PLAN AR-GE HEDEFLERİNE SUNULAN KATKI

Laboratuvar ve/veya ofis alanı tahsis edilen Araştırma Gruplarının Üniversite Stratejik Planı Ar-Ge hedef kartlarında yer alan performans göstergelerine katkı sunacak nitelikli bilimsel yayın, proje, patent vb. gibi bilimsel çıktılar üretmesi beklenir. (Argepark Laboratuvar Ve Ofis Alanı Tahsisine İlişkin Usul Ve Esaslar Madde 15)

Bu kapsamda Üniversitemiz 2022-2026 Stratejik Planına sunduğunuz katkıları belirtiniz.

Araştırma grubu, 2025 yılı içerisinde üniversitemizin 2022-2026 Stratejik Planı hedeflerine aşağıdaki somut çıktılarla katkı sağlamıştır:

Araştırma kapasitesinin artırılması (2022-2026 Stratejik Plan Hedef (H2.1)):

Bu dönemde SCI/SCIE endeksli dergilerde yayınlanan ve uluslararası konferanslarda sunulan çalışmalar şunlardır:

- **Yayınlanan Makaleler:**
 - Abdelmola Albadwi, Ahmed Elzein, Bashir Abdallah Adil Awad, Saltuk Buğra Selçuklu, Mehmet Fatih Kaya (2025). "Multi-criteria decision-making in hydrogen production, storage, and transportation: An overview." **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Volume 222. (Q1).

- *Esra Çelik, Saltuk Buğra Selçuklu (2025). "Analysis and optimization of Türkiye's nuclear energy policies in achieving the net-zero emission target." **Progress in Nuclear Energy**, Volume 188. (Q1).*
- *Atabek Movlyanov, Saltuk Buğra Selçuklu (2025). "Energy Efficiency Optimization Model for Sustainable Campus Buildings and Transportation." **Buildings**, Volume 15. (Q2).*
- *Erhan Muğaloğlu, Edamur Kılıç, Hazar Keskin, Saltuk Buğra Selçuklu (2026/2025). "Dynamics of electricity price volatility and its impacts on energy investments." **Renewable Energy**, Volume 256. (Q1)*
- *Saltuk Buğra Selçuklu (2025). Book Review: "Machine learning assisted evolutionary multi- and many-objective optimization." **Genetic Programming and Evolvable Machines**, Volume 26. (Q3).*
- *Atabek Movlyanov, Beyza Akyol, Saltuk Buğra Selçuklu (2024). "Energy Planning and Optimization Model for Campus Buildings: A Case Study of Erciyes University." **Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi (MBUD)**, 9(2). (TRDizin)*
- **Uluslararası Konferans Bildirileri:**
 - *Selçuklu S.B., Özdin E., Muğaloğlu E., Öztürk C., Polat Ö., Kılıç E., Bozkurt S.N., Arslan S., Keskin H. (2025). "A Novel Agent-Based Simulation Model for Analyzing Electricity Market Dynamics." **21st International Conference on the European Energy Market (EEM)**..*
- **Tamamlanan Lisansüstü Tez çalışmaları:**
 - Doktora öğrencisi **Atabek Movlyanov**, "Kampüs binaları ve ulaşımı için enerji planlama ve optimizasyon modeli: Erciyes Üniversitesi örneği" başlıklı tezini 2025 yılında başarıyla tamamlamış ve mezun olmuştur.

Araştırma kalitesinin artırılması (2022-2026 Stratejik Plan Hedef (H2.2)):

- Dönem içinde üretilen yayınların kalitesi, üniversitenin nitelikli yayın hedefleriyle uyumludur. Yayınlanan makalelerden **3 adedi Q1** (*Renewable and Sustainable Energy Reviews, Progress in Nuclear Energy, Renewable Energy*) ve **1 adedi Q2** (*Buildings*) sınıfındaki saygın dergilerde yer almıştır.
- Ayrıca TRDizin kapsamındaki yayınlarla ulusal literatüre de katkı sağlanmıştır.

Araştırma işbirliğinin artırılması (2022-2026 Stratejik Plan Hedef (H2.3)):

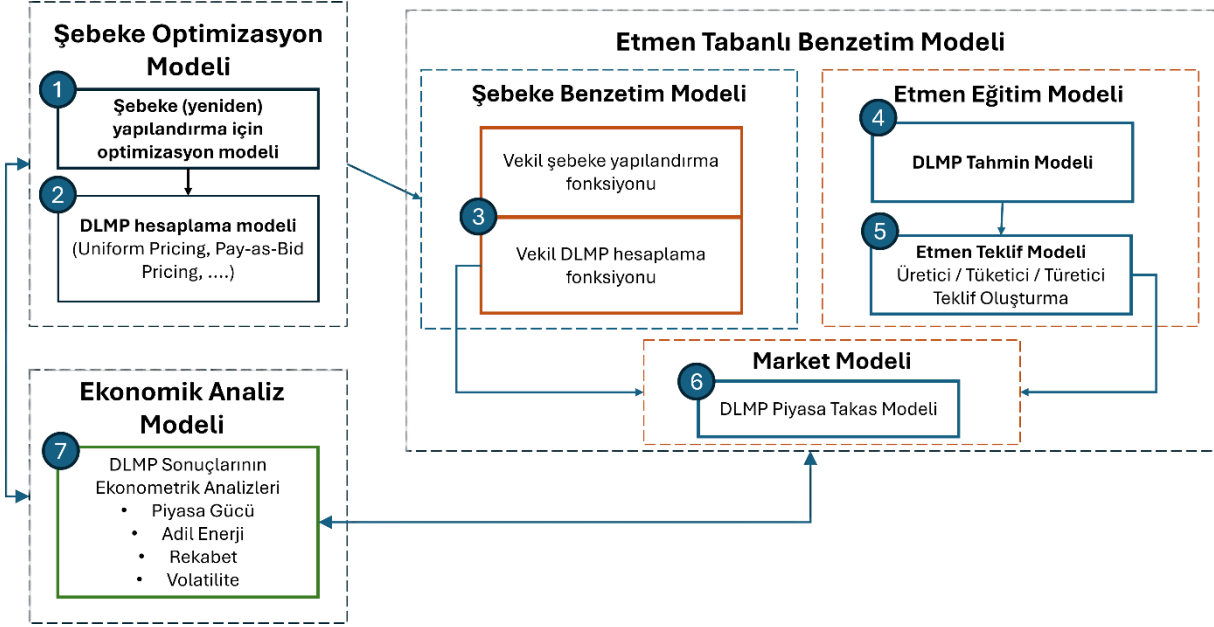
Ulusal İşbirlikleri: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi ve Özyeğin Üniversitesi ile ortak yürütülen çalışmalar kapsamında bir TÜBİTAK 1001 projesi için başvuru yapılmıştır.

4. BİR SONRAKİ DÖNEMDE YAPILMASI PLANLANAN ÇALIŞMALAR

2025 yılı içerisinde proje kapsamında yapılması planlanan çalışmalar ve elde edilmesi öngörülen bilimsel çıktılar hakkında bilgi verilmelidir.

- Tamalanan TÜBİTAK 3501 projesi kapsamında çeşitli yayınlar için çalışmalar devam etmektedir.
- Sivas Cumhuriyet Üniversitesi ve Özyeğin Üniversitesi işbirliği ile bir TUBİTAK 1001 proje başvurusu yapılmış ve sonucu beklenmektedir. Proje özeti aşağıda verilmiştir:

Şekil 1, Dağıtım Yerel Marjinal Fiyatlandırması'na (DLMP) odaklanarak elektrik piyasalarını analiz etmek ve simüle etmek için kapsamlı bir modeli göstermektedir. Model üç ana parçadan oluşur: i) Ağ Optimizasyon Modeli, ii) Ajan Tabanlı Simülasyon Modeli ve iii) Ekonometrik Analiz Modeli.



Şekil 1. Proje modeli

Ağ Optimizasyon Modeli: Bu model, ağ yapılandırmasını optimize etmeye ve DLMP'yi hesaplamaya odaklanır. 1. Adımda, Ağ (Yeniden) Yapılandırma Optimizasyon Modeli, şebeke kararlılığı, tıkanıklık yönetimi ve kayıp en aza indirme gibi faktörleri göz önünde bulundurarak, optimum ağ topolojisini ve parametrelerini belirler. 2. Adımda, DLMP Hesaplama Modeli, tek tip (uniform) fiyatlandırma, teklif kadar fiyatlandırma (pay-as-bid) ve potansiyel diğer fiyatlandırma şemalarına göre DLMP değerlerini hesaplar.

Ajan Tabanlı Simülasyon Modeli: Bu model, elektrik piyasasındaki üreticiler, tüketiciler ve türeticiler dahil olmak üzere çeşitli ajanların davranışlarını simüle eder. 3. Adımda, Ağ Simülasyon Modeli, Ağ Optimizasyon Modelinden gelen girdi ve çıktı verileri ile eğitilerek vekil fonksiyonlar üretir. Bu fonksiyonlar, güç akışı, voltaj seviyeleri ve DEK'lerin etkisini içeren elektrik şebekesinin çalışmasını simüle eder. Güncellenmiş ağ yapılandırmaları ve DLMP değerlerini almak için ağ optimizasyon modeliyle döngü içinde çalışır. Ajan Eğitim Modeli, ajanları piyasa dinamiklerine ve DLMP sinyallerine göre davranışlarını öğrenmeleri ve uyarlamaları için eğitir. Ajanların gelecekteki DLMP değerlerini tahmin etmelerini ve teklif stratejilerini optimize etmelerini sağlamak için makine öğrenimi tekniklerini içerir. Bu modelin içinde 4. Adımda, DLMP Tahmin Modeli, ajan eğitim modelinin içinde yer alan bu modül, geçmiş verilere ve piyasa trendlerine göre gelecekteki DLMP

değerlerini tahmin etmeye odaklanır. Bu, ajanların enerji tüketimi ve üretimi hakkında bilinçli kararlar almasına yardımcı olur. 5.adımda, Ajan Teklif Verme Modeli, elektrik piyasasındaki ajanların teklif verme davranışlarını simüle eder. Ajanlar, tahmini DLMP değerlerine ve bireysel hedeflerine göre enerji alıp satmak için teklif verebilirler. Farklı ajan türlerini (üretici, tüketici, türetici) ve bunların özel teklif stratejilerini simüle eder.

DLMP Piyasa Takas Modeli: Bu modül 6. Adım olarak, ajan tekliflerine ve DLMP değerlerine göre enerji arz ve talebini eşleştirerek piyasa takas sürecini simüle eder. Her katılımcı için nihai enerji tahsisini ve fiyatları belirler. Etmen eğitim modelinden etmenlerin teklif bilgilerini alır ve şebeke benzetim modelinden gelen fonksiyonları kullanarak hesaplamaları tamamlar.

Ekonomik Analiz Modeli: Bu modül 7. ve son adımdır ve DLMP uygulamasının ekonomik etkilerini analiz eder. Piyasa gücü, enerji eşitliği, rekabet ve fiyat oynaklığı gibi faktörleri değerlendirir. Bu analizlerin sonucunda değerlendirilen metriklerden bir veya birkaçı istenen düzeyde değilse Ağ Optimizasyon Modeli ve Ağ Simülasyon Modeline analiz sonuçları gönderilir ve döngü yeni bir ağ yapılandırması ile tekrar başlar. Ağ yapısı istenen düzeyi sağlayana kadar döngü devam eder.

Genel olarak, bu model, DLMP altındaki elektrik piyasalarındaki karmaşık etkileşimleri analiz etmek için kapsamlı bir çerçeve sağlar. Ağ optimizasyonunu ajan tabanlı simülasyonla birleştirerek, araştırmacıların farklı fiyatlandırma şemalarının, ajan davranışlarının ve piyasa mekanizmalarının şebeke kararlılığı, piyasa verimliliği ve tüketici refahı üzerindeki etkisini incelemelerini sağlar.

Bu disiplinler arası proje, Endüstri Mühendisliği, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Bilgisayar ve Yazılım Mühendisliği, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği ve Ekonomi/İktisat Bilimi alanlarındaki uzmanlıklardan yararlanarak, gelişen elektrik şebekesindeki zorlukları ve fırsatları ele almak için bütünsel bir yaklaşım benimsemektedir. Bu araştırmanın sonuçları, elektrik piyasası modellemesi konusundaki akademik literatüre önemli ölçüde katkıda bulunacak ve politika oluşturma ve endüstride pratik uygulamalar için potansiyel taşıyacaktır.